PCT TORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM
Internationales Büro
INTERNATIONALE ANM[redacted]DUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM [redacted]ERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)

(51) Internationale Patentklassifikation 7 : H04R 7/04, 29/00, 3/04 — A1

(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: **WO 00/64217**

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 26. Oktober 2000 (26.10.00)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE99/03377

(22) Internationales Anmeldedatum: 21. Oktober 1999 (21.10.99)

(30) Prioritätsdaten:
199 17 584.5 19. April 1999 (19.04.99) DE

(71) Anmelder *(für alle Bestimmungsstaaten ausser US)*: SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT [DE/DE]; Wittelsbacherplatz 2, D–80333 München (DE).

(72) Erfinder; und
(75) Erfinder/Anmelder *(nur für US)*: BOESNECKER, Robert [DE/DE]; Buchenstr. 16, D–84030 Ergolding (DE).

(74) Gemeinsamer Vertreter: SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT; Postfach 22 16 34, D–80506 München (DE).

(81) Bestimmungsstaaten: AU, JP, US, europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).

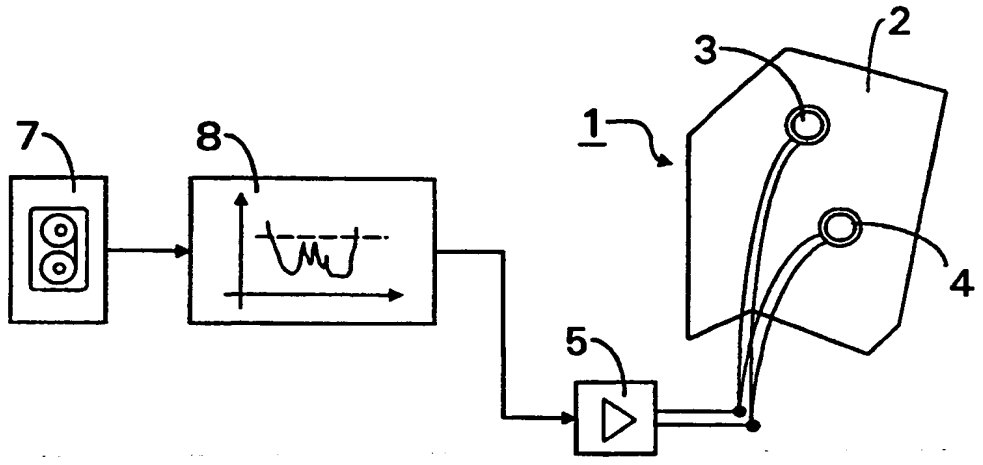
Veröffentlicht
Mit internationalem Recherchenbericht.

(54) Title: FLAT SURFACE LOUDSPEAKER AND METHOD FOR OPERATING THE SAME

(54) Bezeichnung: FLÄCHENLAUTSPRECHER UND VERFAHREN ZU DESSEN BETRIEB

(57) Abstract

The invention relates to a method for operating a flat surface loudspeaker (1). According to the method, at least one moving coil (3, 4) is applied to a platform–shaped surface (2) with predetermined material properties. Said surface is excited to vibration by the at least one moving coil, which is electrically excited by a source of sound (7). The acoustic frequency response of the flat surface loudspeaker is measured and the inverse frequency curve to its frequency curve is determined. This inverse frequency curve is simulated in a filtering device (8) as its transfer function. The filtering device is connected between the sound source (7) and the flat surface loudspeaker (1) in the operating arrangement, so that the frequency response of the flat surface speaker is compensated based on its transfer function. The compensation of the frequency response of the flat surface loudspeaker improves its transfer properties even to hi–fi standards.



(57) Zusammenfassung

Offenbart ist ein Verfahren zum Betreiben eines Flächenlautsprechers (1), bei dem mindestens eine Schwingspule (3, 4) auf eine plattenförmige Fläche (2) mit vorbestimmten Materialeigenschaften aufgebracht ist, die durch die mindestens eine von einer Schallquelle (7) elektrisch angeregte Schwingspule zum Schwingen angeregt wird. Der akustische Frequenzgang dieses Flächenlautsprechers wird gemessen und für seine Frequenzkurve die dazu inverse Frequenzkurve ermittelt. Diese inverse Frequenzkurve wird in einer Filtereinrichtung (8) als deren Übertragungsfunktion nachgebildet. In der Betriebsanordnung ist diese Filtereinrichtung zwischen die Schallquelle (7) und den Flächenlautsprecher (1) geschaltet, so dass aufgrund deren Übertragungsfunktion der Frequenzgang des Flächenlautsprechers kompensiert wird. Mit dieser Frequenzgangkompensation des Flächenlautsprechers ist es möglich, seine Übertragungseigenschaften so zu verbessern, dass sogar HiFi–Anforderungen zu erfüllen sind.

LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AL	Albanien	ES	Spanien	LS	Lesotho	SI	Slowenien
AM	Armenien	FI	Finnland	LT	Litauen	SK	Slowakei
AT	Österreich	FR	Frankreich	LU	Luxemburg	SN	Senegal
AU	Australien	GA	Gabun	LV	Lettland	SZ	Swasiland
AZ	Aserbaidschan	GB	Vereinigtes Königreich	MC	Monaco	TD	Tschad
BA	Bosnien-Herzegowina	GE	Georgien	MD	Republik Moldau	TG	Togo
BB	Barbados	GH	Ghana	MG	Madagaskar	TJ	Tadschikistan
BE	Belgien	GN	Guinea	MK	Die ehemalige jugoslawische Republik Mazedonien	TM	Turkmenistan
BF	Burkina Faso	GR	Griechenland			TR	Türkei
BG	Bulgarien	HU	Ungarn	ML	Mali	TT	Trinidad und Tobago
BJ	Benin	IE	Irland	MN	Mongolei	UA	Ukraine
BR	Brasilien	IL	Israel	MR	Mauretanien	UG	Uganda
BY	Belarus	IS	Island	MW	Malawi	US	Vereinigte Staaten von Amerika
CA	Kanada	IT	Italien	MX	Mexiko		
CF	Zentralafrikanische Republik	JP	Japan	NE	Niger	UZ	Usbekistan
CG	Kongo	KE	Kenia	NL	Niederlande	VN	Vietnam
CH	Schweiz	KG	Kirgisistan	NO	Norwegen	YU	Jugoslawien
CI	Côte d'Ivoire	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	NZ	Neuseeland	ZW	Zimbabwe
CM	Kamerun			PL	Polen		
CN	China	KR	Republik Korea	PT	Portugal		
CU	Kuba	KZ	Kasachstan	RO	Rumänien		
CZ	Tschechische Republik	LC	St. Lucia	RU	Russische Föderation		
DE	Deutschland	LI	Liechtenstein	SD	Sudan		
DK	Dänemark	LK	Sri Lanka	SE	Schweden		
EE	Estland	LR	Liberia	SG	Singapur		

Beschreibung

Flächenlautsprecher und Verfahren zu dessen Betrieb

Die Erfindung bezieht sich auf einen Flächenlautsprecher gemäß dem Obergriff des Patentanspruches 4 sowie auf ein Verfahren zu dessen Betrieb gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruches 1.

Flächenlautsprecher der genannten Gattung sind als solche seit langem, beispielsweise bereits aus DE-Patent 484 872 bekannt. Bei einem Flächenlautsprecher wird eine nach dem elektrodynamischen Prinzip funktionierende Schwingspule eingesetzt, die unmittelbar auf eine Fläche - an sich zunächst beliebiger Größe und Dicke und aus einem gewählten Material bestehend - gesetzt und dort mechanisch fixiert ist. Wird die Schwingspule von einem Schallgeber elektrisch angeregt, so werden ihre Schwingungen auf die als Membran wirkende Fläche übertragen und damit diese selbst als schallabstrahlende Fläche benutzt. Für einen elektroakustischen Wandler dieser Gattung wären an sich eine Vielzahl von Verwendungsmöglichkeiten gegeben. Wenn er sich bis heute, abgesehen von wenigen Ausnahmen, dennoch nicht in größerem Umfang durchgesetzt hat, ist das auf seine elektroakustischen Eigenschaften, insbesondere seine Übertragungsfunktion zurückzuführen.

Funktionsbestimmend ist vor allem die schallabstrahlende Fläche mit ihren mechanischen Eigenschaften. Diese Fläche kann nur dann Töne oder Klänge übertragen, sofern sie mechanisch schwingt. Abgesehen von der Einspannung, d. h. der mechanischen Lagerung und dem Ort Fixierung der Schwingspule auf ihr, ist eine vorzugsweise zu Biegeschwingungen angeregte plattenförmige Fläche in ihrem Schwingungsverhalten an sich bereits ein relativ komplexes Gebilde. Während man es bei einem handelsüblichen Lautsprecher nach dem elektrodynamischen Prinzip, wenn auch da nur mit Kompromissen, noch weitgehend in der Hand hat, die schallabstrahende Membran im Hinblick

auf ihre akustischen Eigenschaften zu optimieren, ist dies beim Flächenlautsprecher nicht ohne weiteres möglich. Illustriert sei diese Problematik an einem Beispiel: Soll die Glasfläche eines Schaufensters, auf die eine Schwingspule aufgesetzt ist, als Flächenlautsprecher eingesetzt werden, so liegen Material, Form und Abmessungen der schallabstrahlenden Fläche, auch ihre Einspannung im wesentlichen fest. Der Frequenzgang des Flächenlautsprechers in diesem Beispiel ist damit im wesentlichen vorbestimmt. Typischerweise bedingen die Eigenresonanzen der zur Schallabstrahlung ausgenutzten Fläche bei diesem Material und den Abmessungen des Schaufensters einen Frequenzgang, der - vereinfacht - durch eine überhöhte Wiedergabe im Bereich tiefer Töne und ferner durch eine Klirrneigung zu beschreiben ist, die auf den Einfluß von noch im Hörbereich liegenden Eigenresonanzen höherer Ordnung zurückzuführen ist. Entsprechende charakteristische Nichtlinearitäten treten auch bei anderen Materialien, wie Holz- oder Kunstwerkstoffen auf.

Wie z. B. aus US-A-3 728 497, auch US-A-3 636 281 oder US-A-3 449 531 bekannt, wurden Anstrengungen unternommen, die bekannten Nachteile des Flächenlautsprechers mittels konstruktiver Maßnahmen zu beheben. Gewisse Verbesserungen konnten auf diese Weise erreicht werden, eine grundsätzliche Lösung, die dem Flächenlautsprecher ein breites Anwendungsspektrum erschlossen hätte, haben die bisher unternommenen Versuche aber noch nicht erbracht.

Der Erfindung liegt daher eine erste Teilaufgabe zugrunde, mit einem Verfahren der eingangs genannten Art einen Weg anzugeben, mit dem die Nichtlinearitäten im Frequenzgang der Flächenlautsprecher wenigstens soweit zu beherrschen sind, daß sein Klangspektrum für den jeweiligen Anwendungsfall ausreichend natürlich wirkt.

Eine zweite Teilaufgabe besteht darin, unter Verwendung eines derartigen Verfahrens einen Flächenlautsprecher der eingangs

genannten Art zu schaffen, dessen elektroakustische Eigenschaften - je nach Anwendungsfall - so optimiert sind, daß damit im einzelnen Anwendungsfall vorgegebene Anforderungen an die Güte einer damit ausgeführten Beschallung erfüllt werden.

Bei einem gattungsgemäßen Verfahren zum Betreiben eines Flächenlautsprechers wird die erste Teilaufgabe durch die im Kennzeichen des Patentanspruches 1 beschriebenen Merkmale gelöst.

Bei einem Flächenlautsprecher der eingangs genannten Art wird die zweite Teilaufgabe durch im Kennzeichen des Patentanspruches 4 beschriebenen Merkmale gelöst.

In der Elektroakustik ist man sich bei der Entwicklung optimierter elektroakustischer Wandler seit langem bewußt, daß die Einflußgrößen, die die Übertragungsgüte eines elektroakustischen Wandlers bestimmen, in ihrer Wirkung einander häufig konträr entgegenstehen. Eine konstruktiv-mechanische Lösung, bei der alle diese Einflußgrößen in gleicher Weise optimiert sind, ist also nicht möglich und jeder elektroakustische Wandler ist, systematisch bedingt, immer eine Kompromißlösung. Die bekannte Lautsprecherbox mit einer Mehrzahl einzelner, individuell gestalteter Lautsprecher ist dafür ein treffendes Beispiel. Die erfindungsgemäßen Lösungen der beiden Teilaufgaben beruhen auf der gemeinsamen Überlegung, daß derartige durch konstruktiven Maßnahmen gekennzeichnete Kompromisse bei einem Flächenlautsprecher noch viel weniger zu einem befriedigenden Ergebnis führen. Ein Flächenlautsprecher ist eben nicht wie eine Lautsprecherbox aus einzelnen, individuell gestalteten Lautsprechereinheiten zusammenzusetzen. Daß Lösungsansätze, die mittels konstruktiver Maßnahmen, den Flächenlautsprecher zu verbessern versuchten, nicht zu einem befriedigenden Ergebnis geführt haben, hat seine bisherige Entwicklung gezeigt.

Die Erfindung löst sich von konventionellen Überlegungen des Elektroakustikers und geht einen anderen Weg. Die elektroakustischen Eigenschaften des Flächenlautsprechers sind durch die Summe der Eigenschaften der verwendeten Schwingspule(n) und der mechanischen Eigenschaften der eingesetzten schallabstrehlenden Fläche festgelegt. Für jede so bestimmte Anordnung eines Flächenlautsprechers ist damit seine elektroakustische Übertragungsfünktion in Form seines Frequenzganges - von Toleranzen abgesehen - festgelegt. Ist die entsprechende Frequenzkurve durch Messung ermittelt, so kann man mit einer in der Betriebsanordnung des Flächenlautsprechers zwischen der Schallquelle und dem vor der Schwingspule bzw. den Schwingspulen liegenden Verstärker angeordneten Filtereinrichtung dann den Frequenzgang des Flächenlautsprechers kompensieren und damit linearisieren, sofern die Übertragungsfunktion der Filtereinrichtung zu der entsprechenden Funktion der Kombination aus Schwingspule(n) und schallabstrahlender Fläche im wesentlichen invers ist.

Gemäß Weiterbildungen der Erfindung wird die Übertragungsfunktion der Filtereinrichtung durch digitale Filter, insbesondere durch FIR(Finite Impulse Response)- Filter nachgebildet, deren Filterkoeffizienten aus der inversen Frequenzkurve des Flächenlautsprechers abgeleitet sind.

Vorzugsweise besitzt die Filtereinrichtung als Eingangsglied ein Abtast-/Halteglied, das über einen Analog-Digital-Umsetzer an das digitale Filter angeschlossen ist, dessen Ausgang mit einem Digital-Analog-Umsetzer verbunden ist.

Gemäß einer anderen Weiterbildung der Erfindung ist die Filtereinrichtung mit einem digitalen Signalprozessor ausgestattet.

Digitale Signalprozessoren werden heute in großem Umfang eingesetzt und sind aufgrund der Fortschritte in der Entwicklung von integrierten Schaltkreisen auch für relativ recheninten-

sive „real-time"-Anwendungen bereits verfügbar. Digitale Signalprozessoren sind, wenn auch im beschränkten Umfang des zur Verfügung stehenden Volumens für den Programmspeicher, frei programmierbar. Damit wird es möglich, die Funktion des digitalen Signalprozessors an verschiedene Materialien der schallabstrahlenden Fläche, wie Holzwerkstoffe, Glas, Kunststoffe, unter anderem Polyurethanschaum anzupassen. Ferner lassen sich auch unterschiedliche Umrisse der schallabstrahlenden Fläche so realisieren. Damit wird deutlich, daß mit der Erfindung insbesondere das größte Hemmnis überwunden ist, das der weiten Verbreitung von Flächenlautsprechern bisher entgegenstand. Form und Materialauswahl der schallabstrahlenden Fläche stehen in weitem Umfang frei, ohne daß dies mit einer Minderung der Qualität der Schallabstrahlung erkauft werden müßte. Zwar ist nicht in jedem Anwendungsfall höchste und damit aus Aufwandsgründen auch immer noch relativ teure Qualität erforderlich, aber immerhin lassen sich Ausführungen verwirklichen, die sogar HIFI (High Fidelity)- Anforderungen vollauf genügen. Nicht nur in diesen Anwendungsfällen sind Volumen- und Gewichtsersparnis des Flächenlautsprechers im Vergleich mit marktüblichen Lautsprecherboxen von großem Vorteil.

Weitere Vorteile und Ausgestaltungen der erfindungsgemäßen Lösung sind der folgenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen zu entnehmen.

Ausführungsbeispiele der Erfindung werden im folgenden anhand der Zeichnung näher beschrieben, dabei zeigt:
Figur 1 einen Flächenlautsprecher in Verbindung mit einer Meßanordnung zur Messung seines Frequenzganges,
Figur 2 eine erste Ausführungsform einer Schaltungsanordnung zum Betreiben des Flächenlautsprechers und
Figur 3 eine weitere Ausführungsform der Schaltungsanordnung nach Figur 2.

In Figur 1 ist schematisch ein Flächenlautsprecher 1 dargestellt, der eine plattenförmig ausgebildete, schallabstrahlende Fläche 2 besitzt, auf der beispielhaft zwei Schwingspulen 3 bzw. 4 angeordnet sind. Die Schwingspulen 3 bzw. 4 sind auf der schallabstrahlenden Fläche 2 so mechanisch fixiert, daß sie im elektrisch angeregten Zustand ihre dabei auftretenden mechanischen Schwingungen auf die schallabstrahlende Fläche 2 übertragen, damit diese selbst zum Schwingen und so zur Schallabstrahlung anregen. In einer funktionsfähigen Betriebsschaltung sind die Schwingspulen 3, 4 parallel an die Ausgänge eines Verstärkers 5 angeschlossen, dessen Eingang im normalen Betriebsfall an eine in Figur 1 nicht dargestellte Schallquelle angekoppelt ist.

Für einen Fachmann der technischen Akustik ist unmittelbar einleuchtend, daß unter anderem die Eigenschaften der schallabstrahlenden Fläche 2, ihre Form, die Größe ihrer Fläche, ihre Dicke und vor allem auch ihre mechanischen Eigenschaften, aber auch die Ausgestaltung der Schwingspule(n) 3, 4 sowie deren lokale Anordnung auf der schallabstrahlenden Fläche 2 die akustischen Eigenschaften des Flächenlautsprechers 1 bestimmen. Da z. B. völlig unterschiedliche Materialien für die schallabstrahlende Fläche 2 verwendet werden können, ergibt sich bereits aus der Materialauswahl eine Schwierigkeit. Denn davon hängt es ab, ob der Flächenlautsprecher 1, wie im Falle von Holzwerkstoffen, insbesondere im höheren Frequenzbereich oder andererseits wie beispielsweise bei Glas, auch Kunststoffen im niederfrequenten Bereich eine große Dämpfung aufweist, im letzteren Fall hohe Frequenzanteile überhöht wiedergibt und damit zum Klirren neigt. Wegen dieser Problematik haben sich Flächenlautsprecher, obwohl die Prinzipien dafür längst bekannt sind, in einer Vielzahl von an sich möglichen Anwendungsfällen bisher nicht durchgesetzt, weil andere elektroakustische Wandler bekannt sind, deren Frequenzgang einfacher korrigierbar ist.

In Figur 1 ist, zur Lösung dieses Problems, nun weiterhin eine Meßanordnung dargestellt, mit der der Flächenlautsprecher 1 in seinen Übertragungseigenschaften akustisch analysiert wird. Um den Frequenzgang des Meßobjektes, d. h. also eines bestimmten Typs des Flächenlautsprechers 1 zu bestimmen, ist ein Frequenzanalysator 6 vorgesehen, der bei durchstimmbarer Frequenz mit vorbestimmtem Pegel ein definiertes elektrisches Meßsignal an den Verstärker 5 abgibt und über die Schwingspulen 3, ,4 den Flächenlautsprecher 1 zur Schallabstrahlung anregt. In einem definierten Abstand von dem Flächenlautsprecher 1, vorzugsweise längs seiner Mittelachse, ist ein Meßmikrophon 61 angeordnet, das mit dem Eingang des Frequenzanalysators 6 verbunden ist.

Mit dieser Meßanordnung, die vorzugsweise in einem schalltoten Raum aufgebaut wird, um die Schallausbreitung im freien Feld unter Meßbedingungen möglichst exakt nachzubilden, wird der Frequenzgang des Meßobjektes bestimmt. Wie vorstehend angedeutet, ist dieser Frequenzgang beim Flächenlautsprecher 1 durch objekttypische Nichtlinearitäten bestimmt, weshalb er zumindestens für jeden Objekttyp individuell gemessen werden muß. Damit ist für den Flächenlautsprecher 1 ein wesentliches Maß für seine elektroakustischen Übertragungseigenschaften gewonnen. Um die Nichtlinearitäten des Frequenzganges zu kompensieren, wird zu der so gewonnen Frequenzkurve deren inverse Funktion gebildet.

In Figur 2 ist schematisch anhand einer Betriebsschaltung für den Flächenlautsprecher 1 dargestellt, wie das beschriebene Meßergebnis benutzt wird, um die Übertragungseigenschaften des speziellen elektroakustischen Wandlers zu entzerren. In Figur 2 ist die Schallquelle beispielhaft durch ein Magnetbandgerät 7 illustriert. Dessen Ausgang ist mit dem Verstärker 5 des Flächenlautsprechers 1 über eine Filtereinrichtung 8 verbunden. In der Filtereinrichtung 8 ist, wie in Figur 2 schematisch angedeutet ist, eine Übertragungsfunktion implementiert, die zu der für diesen Typ des Flächenlautsprechers

1 gemessenen, charakteristischen Frequenzkurve im wesentlichen invers ist. Der Verlauf der Übertragungsfunktion der Filtereinrichtung 8 ist der inversen Frequenzkurve des Flächenlautsprechers 1 um so mehr anzunähern, je höhere Anforderungen an die resultierende Übertragungsgüte des Flächenlautsprechers 1 im jeweiligen Anwendungsfall gestellt werden. In der Filtereinrichtung 8 werden die von dem Magnetbandgerät 8 zugeführten elektrischen Tonsignale in einer Weise vorverzerrt, die dem Frequenzgang des Flächenlautsprechers 1 gerade entgegengesetzt ist. Dieses vorverzerrte Tonsignal wird über den Verstärker 5 den Schwingspulen 3, 4 des Flächenlautsprechers 1 zugeführt. Bei der Umwandlung im Flächenlautsprecher 1 in akustische Signale wird es aufgrund von dessen Übertragungsfunktion wieder entzerrt. Der resultierende Frequenzgang des Flächenlautsprechers 1 um so besser linearisiert, je genauer die Annäherung der Übertragungsfunktion der Filtereinrichtung 8 an die inverse Frequenzkurve des Flächenlautsprechers 1 ist.

Bekanntlich können elektrische Filter auch aus diskreten Elementen aufgebaut werden, komplexe Übertragungsfunktionen für ein Bandfilter im Hörbereich, wie sie in diesem Verwendungsbereich in Verbindung mit Flächenlautsprechern 1 auftreten, sind mit diskreten Bauelementen jedoch nur mit Aufwand und auch dann nur in erster Näherung zu realisieren. Realisierungen der Filtereinrichtung 8 mit diskreten Bauelementen eignen sich in Verbindung mit einem Flächenlautsprecher 1 deshalb nur dann, wenn im Einzelfall an dessen Übertragungsgüte nur beschränkte Anforderungen gestellt werden.

In Figur 3 ist daher eine weitere Ausführungsform für die Betriebsschaltung eines Flächenlautsprechers 1 dargestellt, mit der sich sogar HiFi(High Fidelity-) - Anforderungen erfüllen lassen. Die Ausführungsform nach Figur 3 unterscheidet sich von der Ausführungsform nach Figur 2 in der weiteren Ausgestaltung der Filtereinrichtung 8. In Figur 3 ist die Filtereinrichtung 8 als digitales Filter dargestellt. Seine an

das wieder als Beispiel für eine Schallquelle angegebene Magnetbandgerät 7 angeschlossene Eingangsschaltung ist als Abtast-/Halteglied 9 - häufig auch als „Sample and Hold" - Schaltung bezeichnet - ausgebildet. Damit wird das vom Magnetbandgerät 8 als analoges Signal zugeführte elektrische Tonsignal nach einem vorgegebenen Abtasttheorem abgetastet, der jeweils abgetastete Momentanwert zwischengespeichert und einem daran angeschlossenen Analog-Digital-Umsetzer 10 zugeführt, der die aufeinanderfolgenden Momentanwerte in binär ausgedrückte Digitalsignale umsetzt. In dieser Form werden die Signale einem digitalen Signalprozessor 11 zugeführt. Ausgangsseitig ist der digitale Signalprozessor 11 an einen Digital-Analog-Umsetzer 12 angeschlossen, mit dem sein binäres Ausgangssignal wieder in ein analoges elektrisches Signal umgesetzt wird, das über den Verstärker 5 dem Flächenlautsprecher 1 zugeführt wird.

Diese Ausgestaltung der Filtereinrichtung 8 nutzt mit Vorteil die Fortschritte in der Entwicklung der digitalen Signalverarbeitung. Die Halbleiterindustrie bietet dem Anwender heute leistungsfähige, in weitem Umfang bereits eingesetzte Signalprozessoren auch für „real-time"-Anwendungen. Einsatzmöglichkeiten digitaler Signalprozessoren sowie Ausgestaltungen durch entsprechende Programme können deshalb hier als bekannt vorausgesetzt werden. In der schematischen Darstellung von Figur 3 ist deshalb der Schaltungsaufbau des digitalen Signalprozessors nicht in einzelnen angegeben. Üblicherweise besitzt ein Signalprozessor neben einem Mikrokontroller, der eigentlichen Steuereinheit, einen Programm-, einen Daten- und einen Ein-/Ausgabespeicher, die untereinander über ein Bussystem mit paralllelen Adreß-, Steuer- und Datenleitungen verbunden sind. Die Möglichkeit, in dem Programmspeicher ein bestimmtes, auf den jeweiligen Anwendungsfall bezogenes Programm abzulegen, ertüchtigt den digitalen Signalprozessor zu einer universell einsetzbaren elektronischen Schaltung, der im vorliegenden Anwendungsbereich dazu eingesetzt wird, die Übertragungsfunktion der Filtereinrichtung 8 nachzubilden.

Von Vorteil ist es dabei, das bzw. die Filter in Form von FIR (Finite Impulse Response)-Filtern zu implementieren, mit denen sich in bekannter Weise auch komplexe Übertragungsfunktionen bei „real-time"-Anforderungen realisieren lassen. Werden in einzelnen Anbwendungsfall an die Übertragungsgüte des Flächenlautsprechers 1 sehr hohe Anforderungen, etwa HiFi-Qualität gestellt, so kann es wegen erforderlichen Signalverarbeitung unter Echtzeit-Bedingungen notwendig werden, diese Signalverarbeitung im Parallelbetrieb mehrerer Signalprozessoren vorzunehmen, ohne dabei den prinzipiellen Lösungsansatz zu verlassen.

Die vorstehend beschriebenen Ausführungsformen eröffnen dem Flächenlautsprecher eine breites Anwendungsspektrum. Die freie Programmierbarkeit des digitalen Signalprozessors 11 läßt es zu, den Aufwand für die Messung des Frequenzganges des jeweiligen Typs des Flächenlautsprechers 1 und die Umsetzung der gemesssenen Frequenzkurve in eine dazu mehr oder minder angenäherte inverse Übertragungsfunktion der Filtereinrichtung 8 im Hinblick auf den jeweiligen Anwendungsfall zu optimieren. Es lassen sich kleindimensionale, aber auch großformatige Flächenlautsprecher realisieren. Da die Materialauswahl bei einem erfindungsgemäß ausgebildeten Flächenlautsprecher bei weitem nicht mehr der konventionellen Beschränkung unterliegt, lassen sich beispielsweise auch Materialien mit einem sehr niedrigem spezifischen Gewicht für die schallabstrahlende Fläche auswählen. Insbesondere bei mobilen Anwendungen, bei denen Transportmöglichkeiten eine durchaus wesentliche Rolle spielen, ist es von großem Vorteil, einen leichten Flächenlautsprecher bestehend aus Polyurethanschaum statt einer voluminösen konventionellen Lautsprecherbox mit hohem Gewicht zu bewegen. Erfindungsgemäße Flächenlautsprecher können daher sowohl zu gewerblichen Zwekken, wie öffentlichen Beschallungseinrichtungen, auch Werbeflächen wie im persönlichen Bereich als hochwertige, dabei sehr flache Lautsprechereinrichtungen, die beispielsweise in Möbel integriert sind, eingesetzt werden.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Betreiben eines Flächenlautsprechers (1), bei dem mindestens eine Schwingspule (3, 4) auf eine plattenförmige Fläche (2) mit vorbestimmten Materialeigenschaften aufgebracht ist, über die durch eine Schallquelle (7) elektrisch angeregte(n) Schwingspule(n) zum Schwingen angeregt Schall abgestrahlt wird, dadurch gekennzeichnet, daß der akustische Frequenzgang dieses Flächenlautsprechers gemessen und seine Frequenzkurve ermittelt wird, daß für diese Frequenzkurve die dazu inverse Frequenzkurve ermittelt wird, daß diese inverse Frequenzkurve in einer Filtereinrichtung (8) als deren Übertragungsfunktion nachgebildet wird und daß mittels der im Betriebszustand zwischen die Schallquelle und den Flächenlautsprecher geschalteten Filtereinrichtung aufgrund deren Übertragungsfunktion der Frequenzgang des Flächenlautsprechers kompensiert wird.

2.. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Übertragungsfunktion der Filtereinrichtung (8) durch digitale Filter nachgebildet wird.

3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Übertragungsfunktion mittels FIR (Finite Impulse Response) - Filter gebildet wird, deren Filterkoeffizienten aus der inversen Frequenzkurve abgeleitet sind.

4. Flächenlautsprecher mit mindestens einer Schwingspule (3, 4), die auf eine plattenförmige Fläche (2) mit definierten Materialeigenschaften aufgebracht ist und die, durch eine Schallquelle (7) elektrisch angeregt, diese Fläche zur Schallabstrahlung zum Schwingen in Schwingungen versetzt, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen der Schallquelle (7) und der mindestens einen Schwingspule (3 bzw. 4) eine Filtereinrichtung (8) angeordnet ist, deren Übertra-

gungsfunktion zu dem Frequenzgang Flächenlautsprechers (1) invers ausgebildet ist.

5. Flächenlautsprecher nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Filtereinrichtung (8) als digitales Filter ausgebildet ist.

6. Flächenlautsprecher nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Filtereinrichtung (8) durch FIR (Finite Impulse Response) - Filter gebildet ist.

7. Flächenlautsprecher nach einem der Ansprüche 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Filtereinrichtung (8) als Eingangsglied ein Abtast-/Halteglied (9)besitzt, das über einen Analog-Digital-Umsetzer (10) an das digitale Filter (z. B. 11) angeschlossen ist, dessen Ausgang mit einem Digital-Analog-Umsetzer (12) verbunden ist.

8. Flächenlautsprecher nach einem der Ansprüche 5 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Filtereinrichtung mit einem digitalen Signalprozessor (11) ausgestattet ist.

FIG 1

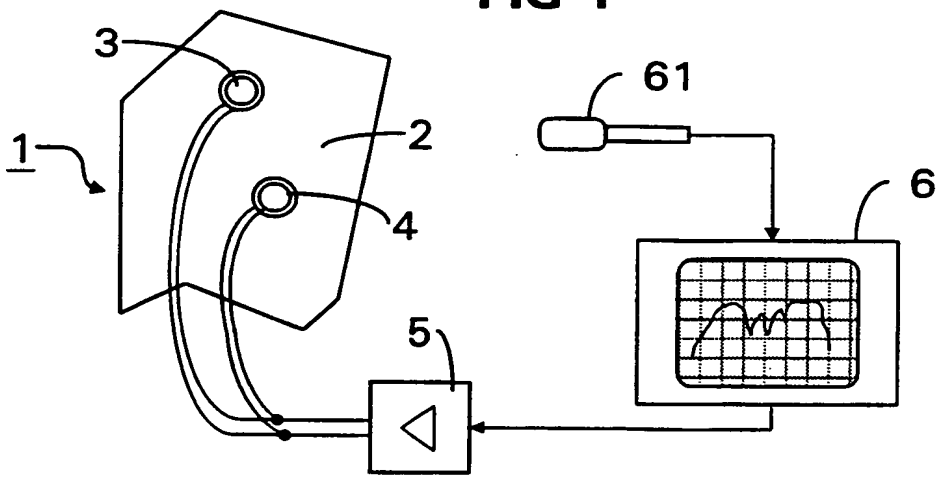


FIG 2

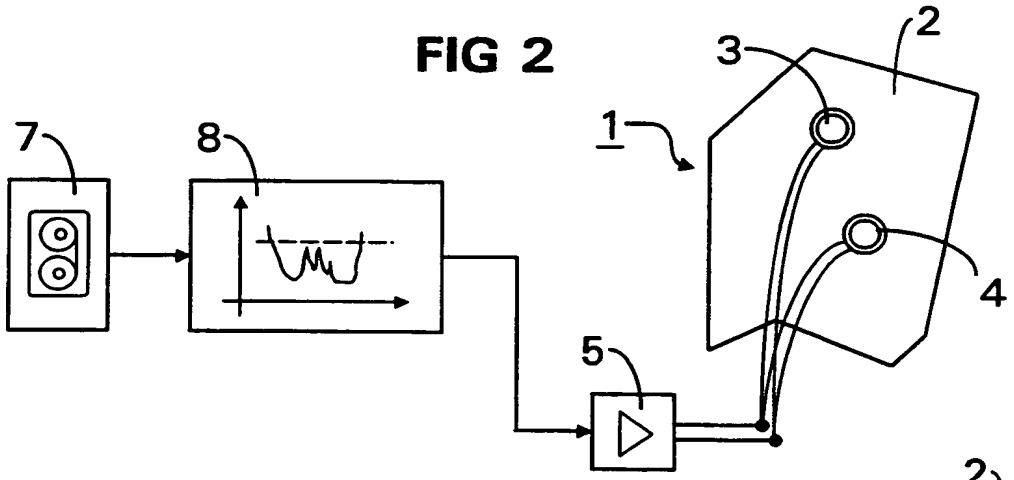
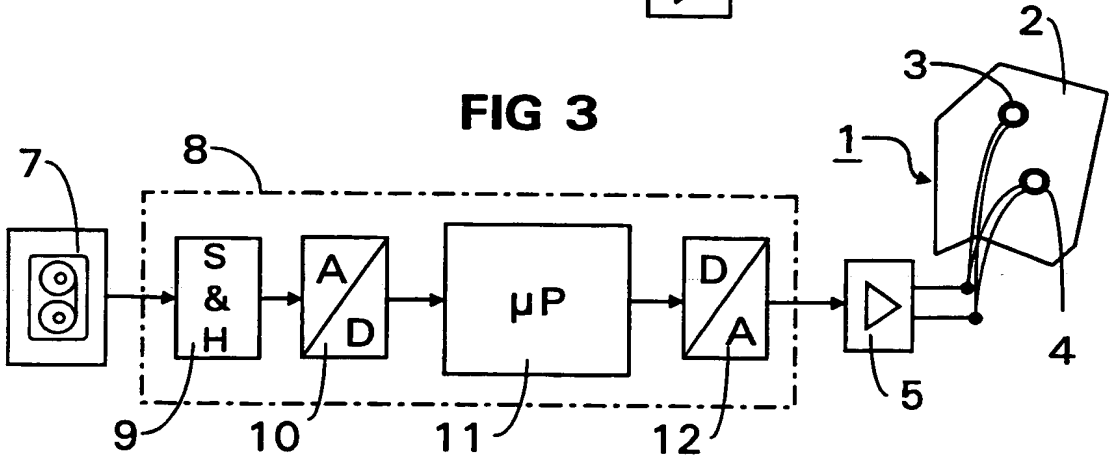


FIG 3



THIS PAGE BLANK (USPTO)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Intern[redacted] Application No
PCT/[redacted]99/03377

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 7 H04R7/04 H04R29/00 H04R3/04

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
IPC 7 H04R

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	GB 2 265 519 A (SMITH JONATHAN NEIL) 29 September 1993 (1993-09-29) page 3, line 1 -page 4, line 28; figures	1,4
Y A	GB 2 289 185 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORP) 8 November 1995 (1995-11-08) page 23, line 12 -page 25, line 7; figures	1,4 2,3,5,6
P,X	WO 99 37121 A (NEW TRANSDUCERS LTD ;AZIMA FARAD (GB); AZIMA HENRY (GB); BANK GRAH) 22 July 1999 (1999-07-22) abstract; figures	1,4
A	EP 0 567 061 A (NOKIA TECHNOLOGY GMBH) 27 October 1993 (1993-10-27) page 4, line 10 -page 6, line 45; figures	1,4

-/—

[X] Further documents are listed in the continuation of box C.

[X] Patent family members are listed in annex.

° Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
8 June 2000	16/06/2000

Name and mailing address of the ISA	Authorized officer
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL – 2280 HV Rijswijk Tel. (+31–70) 340–2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31–70) 340–3016	Gastaldi, G

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (July 1992)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

[redacted] nal Application No
[redacted]/DE 99/03377

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	EP 0 168 078 A (PHILIPS NV) 15 January 1986 (1986-01-15) page 1, line 32 -page 4, line 33; figures	1,4
A	US 4 675 835 A (PFLEIDERER PETER) 23 June 1987 (1987-06-23) column 1, line 6 -column 6, line 31; figures	1,4

Form PCT/ISA/210 (continuation of second sheet) (July 1992)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

...ormati... ...patent family members

Interr... Application No
PCT/... 99/03377

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)		Publication date
GB 2265519	A	29-09-1993	NONE		
GB 2289185	A	08-11-1995	JP	8228396 A	03-09-1996
			US	5953431 A	14-09-1999
WO 9937121	A	22-07-1999	AU	2068199 A	02-08-1999
EP 0567061	A	27-10-1993	FI	921817 A	24-10-1993
EP 0168078	A	15-01-1986	NL	8401823 A	02-01-1986
			AU	578097 B	13-10-1988
			AU	4335685 A	12-12-1985
			DE	3581444 D	28-02-1991
			DK	251785 A	09-12-1985
			JP	61003597 A	09-01-1986
			US	4709391 A	24-11-1987
US 4675835	A	23-06-1987	DE	3343027 A	05-06-1985
			DE	3418047 A	21-11-1985
			DE	3485242 A	12-12-1991
			EP	0145997 A	26-06-1985
			JP	2077937 C	09-08-1996
			JP	7114519 B	06-12-1995
			JP	60134699 A	17-07-1985

THIS PAGE BLANK (USPTO)

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Intern[redacted]e Aktenzeichen
PCT/[redacted]99/03377

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
IPK 7 H04R7/04 H04R29/00 H04R3/04

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
IPK 7 H04R

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie°	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	GB 2 265 519 A (SMITH JONATHAN NEIL) 29. September 1993 (1993-09-29) Seite 3, Zeile 1 -Seite 4, Zeile 28; Abbildungen	1,4
Y	GB 2 289 185 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORP) 8. November 1995 (1995-11-08)	1,4
A	Seite 23, Zeile 12 -Seite 25, Zeile 7; Abbildungen	2,3,5,6
P,X	WO 99 37121 A (NEW TRANSDUCERS LTD ;AZIMA FARAD (GB); AZIMA HENRY (GB); BANK GRAH) 22. Juli 1999 (1999-07-22) Zusammenfassung; Abbildungen	1,4

-/—

[X] Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

[X] Siehe Anhang Patentfamilie

° Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :
"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist
"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist
"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden
"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist
"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
8. Juni 2000	16/06/2000

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde	Bevollmächtigter Bediensteter
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL – 2280 HV Rijswijk Tel. (+31–70) 340–2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31–70) 340–3016	Gastaldi, G

Formblatt PCT/ISA/210 (Blatt 2) (Juli 1992)

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie°	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	EP 0 567 061 A (NOKIA TECHNOLOGY GMBH) 27. Oktober 1993 (1993-10-27) Seite 4, Zeile 10 -Seite 6, Zeile 45; Abbildungen	1,4
A	EP 0 168 078 A (PHILIPS NV) 15. Januar 1986 (1986-01-15) Seite 1, Zeile 32 -Seite 4, Zeile 33; Abbildungen	1,4
A	US 4 675 835 A (PFLEIDERER PETER) 23. Juni 1987 (1987-06-23) Spalte 1, Zeile 6 -Spalte 6, Zeile 31; Abbildungen	1,4

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichung..., die zur [redacted] Patentfamilie gehören

Interna[redacted] Aktenzeichen
PCT/[redacted]99/03377

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
GB 2265519	A	29-09-1993	KEINE		
GB 2289185	A	08-11-1995	JP	8228396 A	03-09-1996
			US	5953431 A	14-09-1999
WO 9937121	A	22-07-1999	AU	2068199 A	02-08-1999
EP 0567061	A	27-10-1993	FI	921817 A	24-10-1993
EP 0168078	A	15-01-1986	NL	8401823 A	02-01-1986
			AU	578097 B	13-10-1988
			AU	4335685 A	12-12-1985
			DE	3581444 D	28-02-1991
			DK	251785 A	09-12-1985
			JP	61003597 A	09-01-1986
			US	4709391 A	24-11-1987
US 4675835	A	23-06-1987	DE	3343027 A	05-06-1985
			DE	3418047 A	21-11-1985
			DE	3485242 A	12-12-1991
			EP	0145997 A	26-06-1985
			JP	2077937 C	09-08-1996
			JP	7114519 B	06-12-1995
			JP	60134699 A	17-07-1985

THIS PAGE BLANK (USPTO)